尿素在土壤中的動態之研究

曾 浴 沂　王 接 皇

一、前　言

在高溫多雨天然環境下之臺灣農地，為提高作物產量，必需多量之氮肥，一般農民慣用硫酸銨，其消費量在氮質化學肥料中佔最多量，而且此種肥料來源多由外國，然連年施用使土壤趨向酸性，因此由經濟的農業增產之立場看之，尋求施用代替硫酸銨之氮肥為當務之急，近來在臺灣隨尿素工業之發展，尿素之生產量已到年產 135,000公屯，如另一工廠建設完成，年產可能增加至280,000公屯，可供給代替硫酸銨之尿素之量大為增加。

過去許多田間試驗報告[1,2,3,4,7] 指出尿素施用，如其施用方法適宜其肥效比較硫酸銨無多大之差異，且有時優於硫酸銨，尿素在土壤中，受尿素分解菌之作用，分解為炭酸銨，此銨離子容易被土粒吸附，但未分解前之尿素，容易溶於水，難被土粒吸付[7]隨水之移動容易流失因此為提高尿素之肥效，如何減少尿素之損失，為目前尿素施用之主要課題之一，欲達此目的，首須究明在臺灣主要土壤中，尿素之化學的分解轉變，經氨之揮發損失等基本問題而舉辦此試驗。

本試驗經費承慕華化學聯合公司補助，中國農村復興聽合委員會，步博士焱昇之指導，特此誌謝。

二、材料與方法

㈠供試土壤

選擇本省主要農地土壤七種，即桃園粘質壤土（洪積層紅壤），臺北坋質壤土（砂頁岩沖積土），新竹粘質壤土（砂頁岩沖積土），臺中壤土（砂頁岩沖積土），臺南砂質壤土（砂岩沖積土），鳳山坋質壤土（砂頁岩沖積土），員林坋質粘土（粘板岩沖積土），其各土壤之理化性質如表一

表一. 各種土壤之理化性質

Table 1. The physics-chemical properties of Soils

土壤 Soil	機械組成 粘粒 Clay%	機械組成 坋粒 Silt%	機械組成 砂粒 Sand%	pH	陽離子交換能量 C.E.C. me/100g	水分當量 Moisture equivalent	有機質 O.M.%
桃園粘質壤土 Taoyen clay Loam	29.6	42.4	30	4.8	9.2	19.36	1.99
臺北坋質壤土 Taipei Silty Loam	11.6	52.4	36	4.4	7.2	14.20	1.78
新竹粘質壤土 Sinchu clay Loam	29.6	46.4	24	5.5	10.4	22.06	3.0
臺中壤土 Taichung Loam	11.6	38.4	50	5.6	8.0	11.80	1.52
臺南砂質壤土 Tainan Sandy Loam	9.6	32.4	58	6.5	7.2	9.33	0.97
鳳山坋質壤土 Fuonsan Silty Loam	9.6	56.4	34	5.8	7.2	11.50	1.37
員林坋質粘土 Yenlin Silty Clay	43.4	58.4	8	7.3	11.2	30.83	3.16

㈡實驗方法：

⑴尿素分解：經 2mm 篩別之土壤50公克，投入 500ml 之三角玻璃瓶中，土壤水分狀態以施田間容水量，施用尿素後，以橡皮栓密閉，放置於恆溫箱後按期日提出，以用蒸餾水抽出溶液定量

尿素[5]另以一規定之氯化鈉抽液定量銨及亞硝酸硝酸[6]。

(2)經氨揮發損失量：經 2mm 篩別之土壤，取50公克塡入直徑3Cm，長10Cm之玻璃圓筒裡，土壤水分狀態以施田間容水量，施用尿素後，經空氣洗滌器，送空氣（約每分鐘180～200氣泡）至裝有土壤之玻璃圓筒，將揮發之氨聚取於 5 %之硼酸溶液後定量之。

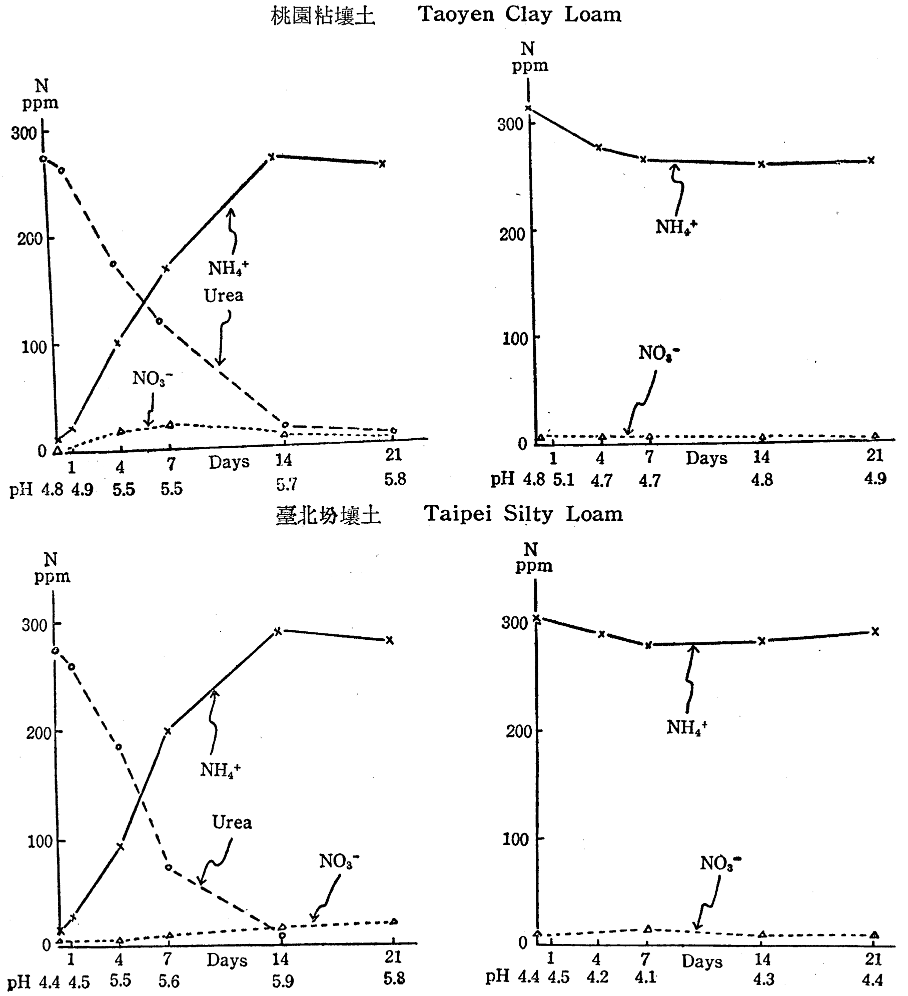
三、試驗結果與討論

㈠尿素在土壤中之分解與轉變

尿素施於土壤以尿素之形態直接被植物根吸收之量極少，大部份受土壤中之尿素分解菌之水解作用，最初形成碳酸銨，然後再以其特有的酵素 (Urease) 之作用分解爲銨及碳酸，再受亞硝酸菌及硝酸菌之作用轉變爲亞硝酸及硝酸。根據許多報告[4,3,7,9,10]指出尿素在土壤中之分解與轉變，因經土壤內之微生物之作用而產生，故可能影響之因素，多種多樣，鑑於此爲明瞭臺灣主要農地土壤，對尿素分解，轉變之關係及其影響因素而進行下記之試驗。

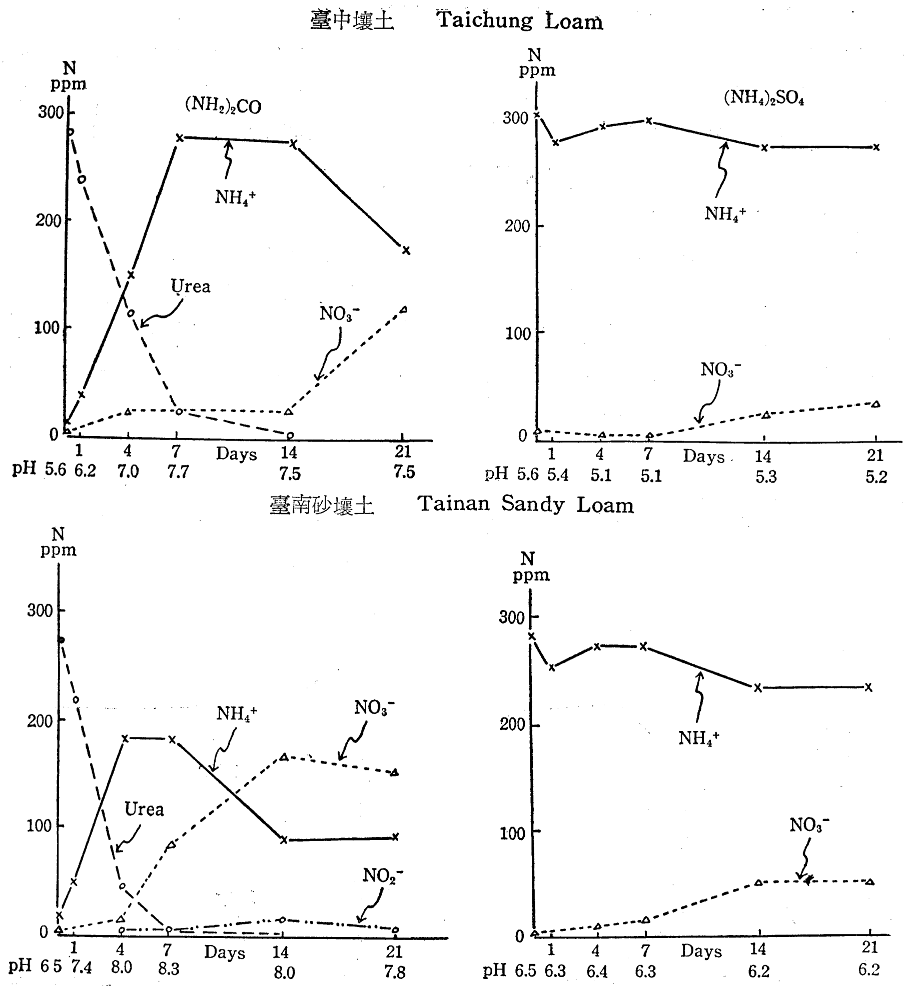
1. 臺灣數種土壤之比較

選擇桃園、臺北、臺中、臺南、員林五種之土壤，各取50公克，各施用 15mg-N 之尿素及硫酸銨，密閉後放置 30°C 恒溫箱，按期日定量其尿素、氨、亞硝酸及硝酸，其結果如圖一、二、三



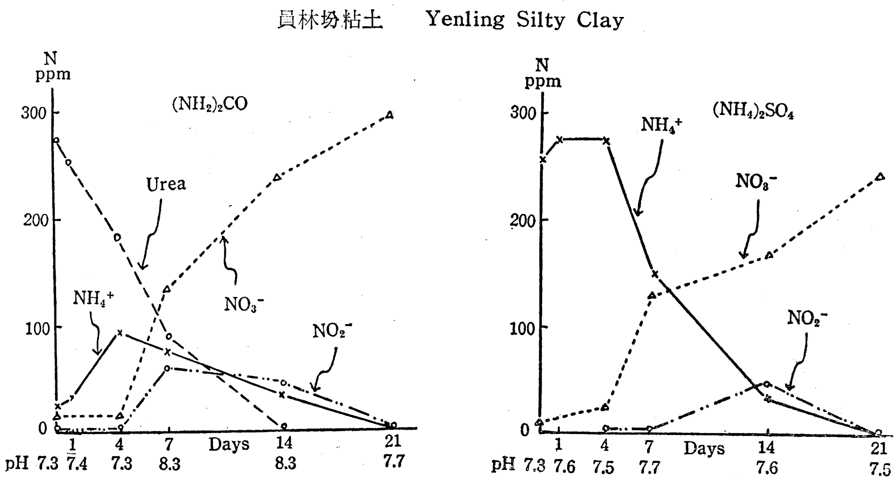
圖一. 土壤中之尿素，硫安分解及轉變

Fig. 1. Hydrolysis & Transformation of Urea & $(NH_4)_2SO_4$ in Soils



圖二. 土壤中之尿素，硫安分解及轉變

Fig. 2 Hydrolysis & Transformation Urea & $(NH_4)_2\ SO_4$ in Soils



圖三. 土壤中之尿素，硫安分解及轉變

Fig. 3. Hydrolysis & Transformation of Urea & $(NH_4)_2\ SO_4$ in Soils

試驗結果由圖一、二、三、所示觀之，尿素之分解，除桃園土壤外，均在十四天內完成，尤其砂質之臺南土壤，於七天內大部份之尿素被分解，氨之產生，隨尿素之分解而增加，pH 值隨之增高。尿素之分解率施用後七天依其土壤種類尚有差異，即臺南土壤爲 95～100 %，臺中土壤90～95 %，臺北土壤70～80%，桃園，員林土壤爲60～70%，一般而言，質地粘重，土壤反應呈強酸性，或微鹼性之桃園，臺北及員林土壤之分解率較低。

氨在土壤中之硝化率，尿素與硫酸銨兩者比較時，前者較高，尤其在臺南、臺中土壤甚明顯。亞硝酸之聚積情形，凡在強酸性土壤無比現象存在，但在中性至微鹼性土壤（臺南、員林土壤）施用尿素時有 20ppm, 60ppm 之亞硝酸之聚積，硫酸銨施用者僅在員林土壤有 50ppm 之聚積現象，關於亞硝酸之聚積 F. E. Broadbent 等[12]報告，在鹼性土壤中，游離之氨多時，土壤內硝化菌之作用受限制，因此常發生亞硝酸之聚積現象，本試驗中亞硝酸之聚積均在土壤反應增高至 7.5～8.3 時發生，顯示游離氨影響硝化菌活動之狀態。

尿素分解過程中，土壤 pH值之變化情形，在強酸性之桃園、臺北土壤較臺中、臺南、員林土壤爲少，可解釋爲，臺中、臺南等土壤，比較臺北、桃園土壤，適宜於尿素分解菌之繁殖活動，至於硫酸銨之施用對土壤 pH 值之影響變化甚少。

2. 影響尿素分解之因素

根據前述之結果，得知不同土壤性質影響尿素分解之概況，但一般認爲土壤性質以外，另有許多因素，可能同時影響土壤尿素之分解，爲明瞭此等因素影響情形，選擇比較主要因素，如pH 值，水分含量，施肥位置，施肥量，溫度，有機質量，通氣等，進行比較試驗，其各因素之處理如下；pH 值：將 pH4.4 之臺北土壤，以用石灰調節其 pH 值各 4.6, 6.4。水分含量：加水至土壤表面上 1 公分之水爲湛水狀態，加田間容水量之一半之水爲½田間容水量狀態。溫度：將供試土壤密閉於三角瓶後放置各 10°C, 30°C 之恆溫箱。通氣：裝有土壤三角瓶之橡皮栓擰洞以通氣。有機質量加 5 %之葡萄糖。施肥量：各加Urea-N 300ppm 及 50ppm ，施肥位置：表面撒施及下層施肥，除水分含量試驗外，其他供試土壤（50公克）一律加水至保持田間容水量後，加尿素N-15mg，玆將各因素處理試驗結果列表二。

由表二試驗結果按各因素討論如下：

①pH 值：在強酸性土壤中之尿素之分解受 pH值之影響甚顯著，原土壤施尿素七天後分解率達到80%至十四天 100%被分解，但以石灰將 pH 值提高至4.6, 6.4 時，其分解速度顯然加速，尤其 pH 值提高爲 6.4 時，在五天內尿素殆全被分解，故在強酸性土壤施用尿素前，如以石灰矯正其pH 值，對尿素施用效果確有帮助。

②水分含量：湛水狀態之尿素分解特別緩慢，爲究明其原因，將上層液與土壤分離，各定量其尿素結果，上層液中之尿素，顯著多出，可能尿素分解緩慢情形，導致尿素溶解於水中，而可免除尿素分解菌之作用，因此在田間施用尿素後，即時灌水，可能誘引尿素之流失。含有田間容水量一半之土壤，與含有田間容水量之土壤比較，前者尿素分解速度稍快，即表示前者之含水量適於尿素分解菌之繁殖活動。

③溫度：高溫低溫對尿素分解之影響亦甚明顯，在恆溫 30°C 和 10°C之尿素分解率兩種溫度間相差甚大，前者在十四天內尿素完全被分解，但後者僅被分解一半，至於二十八天後全部之尿素始被分解完。

④通氣之影響：一般認爲氧氣之供給，可能促進尿素之分解，但根據表二之結果，通氣對尿素分解之影響，比較一般不出多大之差異，但本試驗均在密閉式之恆溫箱進行，如直接將氧氣注入土壤內是否有影響有另待研究之必要。

⑤有機質含量之影響：添加葡萄糖 5 %於土壤中之尿素分解較一般無加時分解速度爲快，到第五天就85%之尿素被分解，對尿素分解之影響甚明顯，有機質之增加，對尿素分解菌之活動可能有

表二. 各因素處理之尿素分解量及氨化硝化量

Table 2. The quantity of Hydrolysis & Transfermation of Urea in Soils treated with Affecting Factor

處理別	1天			3天			5天			7天			14天		
	Urea-N	NH_3-N	NO_2+NO_3-N	Urea-N	NH_3-N	NO_2+NO_3-N	Urea-N	NH_3-N	NO_2+NO_3-N	Urea-N	NH_3-N	NO_2+NO_3-N	Urea-N	NH_3-N	NO_2+NO_3-N
	ppm	ppm	ppm												
原土壤 pH4.4	258	34	9	185	98	4	140	148	12	76	204	11	0	292	11
pH4.6	223	82	11	—	—	—	66	216	10	38	263	12			
pH6.4	107	202	11	—	—	—	0	296	12	0	297	11			
湛水	264	46	3	—	—	—	202	134	2	190	110	3	16	250	0
½田間容水量	240	70	12	—	—	—	0	193	11	54	223	13	0	280	12
10°C	286	27	13	—	—	—	208	72	11	202	92	19	146	134	10
通氣	255	30	10	185	100	7	134	156	11	54	236	13	0	282	13
加5%葡萄糖	260	17	11	83	40	2	50	89	1	13	88	11	0	113	1
尿素 300ppm	257	40	11	178	116	6	143	150	13	49	252	12	0	296	19
尿素 50ppm	50	10	6	0	52	4	0	55	8	0	54	9	0	54	16
表面施肥	256	36	14	194	93	13	137	147	14	78	226	10	0	290	20
下層施肥	254	37	14	208	102	13	141	148	13	93	188	11	0	284	10

※ 供試土壤：臺北土壤　水分：田間容水量　溫度：恒溫30°C

幫助，但分析結果所產生之氨態氮量少於被分解之尿素氮量，此係加葡萄糖之處理，不但對尿素分解菌之繁殖有助，對其他之菌類之繁殖也有助，故在試驗進行中，第五天就看到雜菌之繁殖，推想所產生之氨，可能由此等雜菌作營養源被吸收消耗，以致分析結果之氮量相差甚大。

⑥施肥量之影響：施 300ppm 與 50ppm 之尿素分解率在第三天後者即達到 100 %，但前者僅達40%，延至十四天達 100%，兩者間有顯著之差異，根據此結果可證實，多量之尿素一次施用，不但尿素之分解率低，未分解之尿素被流失之可能性也大。

⑦施肥位置之影響：根據表二之結果觀之，表面施肥與下層施肥之尿素分解率無多大之差異，但在後期之硝化率表面施肥比較下層施肥較高，綜言之施肥位置對尿素分解，無多大之影響，但對硝化率可能有影響。

㈠尿素經氨之揮發損失

尿素爲中性之化學肥料，但在土壤中，受尿素分解菌之作用，分解爲碳酸銨過程中之反應均趨向鹼性，氨之揮發隨之開始。根據三井[10]奥田[9] R. B. Harding[11]等報告指出，尿素之經氨揮發受土壤性質，環境條件及肥培管理之影響，Black,[8] Mertin[14], Jackson[15] 等報告，認爲一般土壤中之氨之揮發有關之影響因素，土壤理化性質以外另有溫度，水分等環境因素等，因此爲了明瞭本省主要農地土壤對尿素之經氨揮發損失之影響，及其影響因素，而進行如下之試驗。

1. 臺灣數種土壤之比較

兹將前記之七種土壤，以施用尿素與硫酸銨，比較其經氨之揮發量，如表三、四。

表三. 尿素之氨揮發量 (Urea-N 15mg 表面施用)

Table 3. Volatilization of NH_3-N of Urea in Soils

土壤 Soil	pH	1 day		3 days		5 days		7 days		10 days		14 days		18 days	
		pH	揮發NH_3-Nmg	pH	揮發NH_3-Nmg	pH	揮發NH_3-Nmg	pH	揮發NH_3-Nmg	pH	揮發NH_3-Nmg	pH	揮發NH_3-Nmg	pH	揮發NH_3-Nmg
桃園 Taoyen	4.8	4.9	0	5.5	0	5.4	0	5.5	0	5.6	0	5.7	0.0194 (0.12)	6.7	0.0194 (0.12)
臺北 Taipei	4.4	4.5	0	5.5	0	5.5	0	5.6	0	6.1	0	5.9	0.0693 (0.46)	6.1	0.4158 (2.77)
新竹 Chinchu	5.5	5.8	0	6.7	0.0652 (0.17)	7.2	0.0391 (0.26)	7.1	0.3916 (2.61)	7.3	0.913 (6.09)	6.8	1.8529 (12.35)	6.9	2.2757 (15.17)
臺中 Taichung	5.6	6.2	0	7.0	0.0693 (0.46)	7.7	0.3049 (2.03)	7.7	0.9009 (6.0)	8.0	2.4255 (16.17)	7.5	2.9023 (19.34)	7.5	3.2100 (21.4)
臺南 Tainan	6.5	7.4	0	8.0	0.1802 (1.20)	8.2	1.3167 (8.77)	8.3	3.0631 (20.42)	8.3	4.9786 (33.18)	8.0	5.0368 (33.57)	7.9	5.0507 (33.67)
鳳山 Funsan	5.8	6.2	0	6.9	0.0859 (0.57)	7.2	0.3077 (2.05)	7.5	0.6403 (4.26)	7.6	1.6133 (10.75)	7.2	2.5003 (16.66)	7.3	3.7616 (25.07)
員林 Yenling	7.3	7.4	0	7.3	0.1885 (0.55)	8.2	0.3714 (2.46)	8.3	0.6625 (4.41)	8.5	1.3610 (9.07)	8.3	2.0512 (13.67)	8.1	3.0519 (20.34)

( ) 係對施用N之揮發N%　　　　室溫2323°C～26°C

由表三、四之結果觀之，尿素施用後氨之揮發經尿素分解菌之作用大部份之土壤於第三天後開始，土壤 pH隨之趨高，但强酸性之桃園、臺北土壤至於第十天以後始得發現氨之揮發現象，强在酸性土壤反應之變異幅度，較其他之土壤爲少，即可推想在强酸性土壤中之尿素分解菌作用較其他土壤中之作用微弱，因此經氨之揮發量隨土壤中之尿素分解，產生之氨量多少而增減，氨之揮發量最多之臺南土壤，其pH 值原爲6.5，但尿素分解進行中之 pH 值之變異大，最高時達到8.2，此差異比較微鹼性之員林土壤之變異更大，然氨之揮發量也增加，施用硫酸銨時，氨之揮發第一天就開始，但其揮發量甚少，pH 值之變異較少，相反的有部份土壤 pH值有減低趨勢，但微鹼性之員林土壤氨之揮發量相當多，尤其施用後十四天內之氨揮發量，比較施用尿素者爲多。表面施用尿素時，土壤性質對氨之揮發影響較微，但其土壤之反應，機械組成均有影響，即 pH值低，質地粘重的土壤，氨之揮發量較少。

表四. 硫酸銨揮發量 ($(NH_4)_2SO_4$-N 15mg 表面施用)

Table 4. Volatilization of NH_3-N of Ammonium Sulphate in Soils

土壤 Soil	pH	1 day		2 days		5 days		7 days		10 days		14 days		18 days	
		pH	揮發NH_3-Nmg	pH	揮發NH_3-Nmg	pH	揮發NH_3-Nmg	pH	揮發NH_3-Nmg	pH	揮發NH_3-Nmg	pH	揮發NH^3-Nmg	pH	揮發NH_3-Nmg
桃園 Taoyen	4.8	5.1	0.0277 (0.18)	4.7	0.0277 (0.18)	4.7	0.0277 (0.18)	4.7	0.0277 (0.18)	4.8	0.0277 (0.18)	4.8	0.0599 (0.39)	4.9	0.0599 (0.39)
臺北 Taipei	4.4	4.6	0.0554 (0.36)	4.2	0.0554 (0.36)	4.1	0.0554 (0.36)	4.1	0.0554 (0.36)	4.3	0.0554 (0.36)	4.3	0.0554 (0.36)	4.4	0.0970 (0.64)
新竹 Chinchu	5.5	5.7	0.1967 (1.31)	5.5	0.2106 (1.40)	5.5	0.2106 (1.40)	5.5	0.2106 (1.40)	5.7	0.2106 (1.40)	5.7	0.2633 (1.75)	5.7	0.3880 (2.58)
臺中 Taichung	5.6	5.4	0.0305 (0.20)	5.3	0.0582 (0.38)	5.1	0.0582 (0.38)	5.1	0.0582 (0.38)	5.3	0.0582 (0.38)	5.3	0.0988 (0.66)	5.2	0.0988 (0.66)
臺南 Tainan	6.5	6.3	0.0887 (0.59)	6.4	0.1857 (1.22)	6.4	0.2134 (1.42)	6.2	0.2134 (1.42)	6.4	0.2134 (1.42)	6.2	0.2661 (1.77)	6.3	0.2661 (1.77)
鳳山 Funsan	5.8	6.1	0.0443 (0.29)	5.9	0.0720 (0.48)	5.7	0.0720 (0.48)	5.8	0.0720 (0.48)	5.9	0.0720 (0.48)	6.0	0.1302 (0.86)	6.0	0.1718 (1.21)
員林 Yenling	7.3	7.6	0.4740 (3.16)	7.5	0.7401 (4.93)	7.7	1.0755 (7.17)	7.7	1.3472 (8.93)	8.0	1.8184 (12.12)	7.6	2.2952 (15.96)	7.6	2.6306 (17.53)

(　) 係對施用N之揮發N%　　　　室溫23°C～26°C

2. 影響氨揮發損失之因素

關於尿素施用，經氨揮發有關之因素，根據許多報告指出之因素甚多，玆將比等許多影響氨揮發之因素中選擇比較實際主要之因素作比較實驗，至於各因素之處理如下； pH 值：以原土 pH4.4 之臺北土壤，用石灰調節其pH 值，各爲5.9, 6.4, 7.2 之三階級。土壤水分：加水於供試土壤至表土上一公分爲湛水狀態，另各加田間容水量之水分量及其一半，各爲田間容水量，½田間容水量之水分狀態。通氣：以每分鐘160～200氣泡爲標準之已洗滌之空氣送入土壤瓶內，時間分爲 8 小時及24小時。併用過磷酸鈣：照一般加尿素 -N15mg 後另加 P_2O_5-15mg 之過磷酸鈣。覆土：尿素各施用於一公分及三公分之深度。施用量：各施用尿素 -N300ppm, 150ppm, 50ppm 之三階級。溫度：施用尿素後，各放置 10°C 及 30°C 之恆溫箱進行試驗，一般供試土壤含有水分量，均加水至田間容水量狀態，施用尿素-N300ppm，按前記㈠之試驗裝置進行試驗，玆將試驗結果列於表五

表五. 各因素處理之氨揮發率

Table 5. The Rate of Volatilization of NH_3 in Soil treated with Affecting factor

處理 ＼ 揮發率 ＼ 日期		1-3 天	4-5 天	6-7 天	8-10天	11-14天
		對施用N之揮發 N %	對施用N之揮發 N %	對施用N之揮發 N %	對施用N之揮發 N %	對施用N之揮發 N %
pH值	4.4	0	0	0	0	0.49
	5.9	0	0.54	1.10	2.91	3.38
	6.4	0.35	0.78	1.85	4.60	5.73
	7.2	0.47	0.94	2.11	4.76	8.16
土壤水分	湛水	1.52	2.94	6.10	7.13	8.24
	田間容水量	3.81	15.84	13.71	17.52	17.89
	½田間容水量	8.45	2.79	17.91	19.56	20.49
通氣	8 小時	2.20	4.88	9.41	10.61	11.07
	24 小時	4.03	9.50	13.31	14.44	16.77

加 300ppm 之過磷酸鈣	0.56	1.21	3.48	5.83	8.17
覆 土 1 公 分	0	0	0	1.24	1.33
3 公 分	0	0	0	0	0
尿素濃度(施用量) 50ppm	0	0	4.56	8.60	10.70
150ppm	2.18	4.36	8.68	11.60	14.79
300ppm	1.57	5.93	12.96	14.31	16.14
度 30°C	2.77	8.89	14.61	15.44	17.86
10°C	0.46	0.94	2.33	5.40	8.08

※ 供試土壤：pH值爲臺北土壤，其他爲臺南土壤，溫度：室內溫度23°C～26°C
通氣：每分鐘160～200氣泡。

由表五之試驗結果，按各項因素討論如下：

①土壤 pH值：供試土壤 pH 原爲4.4之臺北土壤，使用生石灰調節其pH 爲 5.9, 6.4, 7.2 後測定氮量變化結果觀之，土壤反應對經氨之形態揮發之影響在不同 pH 間有明顯之差異，隨 pH之增高，尿素施用後，土壤中氨之揮發量也增加，但此種氨之揮發量，可能與尿素之分解速度有關，即土壤pH 值之增高，可能促進土壤之尿素之分解，而尿素分解之加速進行，所產生之氨量較多時，氨之揮發量隨之增加，尤其土壤反應趨向中性至鹼性時，氨之揮發大爲增加。

②水分含量：氨之揮發量，在湛水狀態之土壤最少，田間容水量水分狀態之土壤比較其一半，水分狀態之土壤爲少，顯示土壤含有水分量，對經氨態揮發量確有影響，換言之，土壤之水分量，對土壤局部中之氨濃度有關，即土壤水分量多時，使土壤中之氨濃度降低，而減低氨之揮發。

③通氣：施肥後通氣24小時處理之氨揮發量，比較 8 小時增加 5 %，通氣時間對經氨揮發之影響稍不顯著。

④過磷酸鈣之併用：過磷酸鈣具有吸收氨氣體之性質，在此試驗，以尿素與過磷酸鈣併用於土壤，經測定揮發量結果，併用過磷酸鈣比較一般之單施用尿素之處理減少一半，顯示過磷酸鈣之併用，減低氨之揮發量有效。

⑤覆土：尿素施用覆蓋三公分之土壤，施用後十四天，未見氨之揮發，覆土一公分尿素施用後至七天以後僅 1 %之揮發量，比較一般之揮發量甚少，尿素施用後之覆土對氨揮發之影響甚明顯。

⑥施用量：以施用量 50ppm 作基準，150ppm 有40%，300ppm 有 55%之經氨揮發量之增加，顯示施用量較多時，經氨揮發量愈增加，此爲施用尿素多量時，在土壤中分解產生之氨濃度增高，未能即時被土壤一吸附或硝化於是向上面揮發。

⑦溫度：溫度30°C 與 10°C 之比較經氨揮發量相差倍量，溫度之高低對氨揮發之影響甚顯著，高溫度不僅促成氨之揮發另一方面促進尿素在土壤中之分解，導致土壤中氨濃度趨高引起增加氨之揮發。

㈢尿素之滲透流失：

一般認爲尿素在土壤中被分解後形成之碳酸銨的氨離子比較其他肥料硫酸銨，氯化銨等之氨，容易被土粒吸附[7]。但未分解前之尿素本身易溶於水中，未能被土粒吸附，易隨水之移動而流失。施用尿素於水田之欠點，如前述之尿素分解試驗中（參照圖一、二、三）可以明瞭尿素在土壤中，不論時間之長短，土壤性質或環境如何，未分解之尿素均大部份容易被水溶出之情形，因此爲明瞭水量與尿素滲透流失之關係，選臺南、桃園、員林、臺北四種土壤各取50公克，施用尿素及硫酸銨各 15mg—氮後，按分級不同水量沖洗，分析各濾液之氨量其結果如表六。

表六. 數種土壤施用尿素硫銨之濾失量

Table 6. The leaching Loss of Urea & $(NH_4)_2SO_4$ in Soils

土壤 Soil	加水量 H_2Oc.c.	尿素 Urea (ppm) Urea-N	NH$_3$-N	NO$_2$+NO$_3$-N	$(NH_4)_2$ SO$_4$(ppm) NH$_3$-N	NO$_2$+NO$_3$-N
臺南Tai nan S. L.	50	278	3	8	158	6
	100	283	5	10	130	8
	150	278	4	11	153	8
	200	278	2	7	164	7
桃園Tao yen C. L.	50	244	4	9	127	6
	100	284	9	5	164	6
	150	279	12	12	171	8
	200	276	9	10	190	8
員林Yen lin Si. C.	50	72	3	9	66	6
	100	283	6	19	148	16
	150	278	3	21	132	17
	200	283	15	15	151	17
臺北Taipei Si. L.	50	257	3	12	178	8
	100	290	6	11	190	8
	150	287	4	15	211	11
	200	286	4	11	212	8

由表六觀之施用尿素之濾失量，比較硫銨施用顯著多出，員林土壤以50ml 冲洗，尿素硫酸銨施用均濾失量甚少，係該土壤之物理性質有關，尿素施用在桃園、臺北土壤以 50ml 之水冲洗之濾失量較少，但超過 50ml 水以冲洗，不論水量及土壤種類均大部份 (90～97%) 之尿素被濾失，硫酸銨施用之濾失量，隨水量之增加而多，(42～70%)，但微鹼性員林土壤之濾失量較少，反而强酸性之臺北、桃園土壤較多，推想硫酸銨施用於員林土壤時，有部份之氨揮發逸失，因此濾液中之氨減少。根據此試驗之結果，尿素之滲透流失量，比較硫酸銨爲多量，但一般在田間除砂礫質土壤或壤質砂土以外，一般土壤中水之滲透爲較慢，而尿素分解菌之作用迅速，在土壤中之未分解之尿素，大部份在滲透流失前，被分解氨化吸附於土粒，其滲透流失量可能大爲減少。

三、摘　　要

爲究明在臺灣各種土壤中之尿素的化學的分解，轉變機構，經氨之揮發損失情形，及土壤反應，水分含量、溫度、施用量、施肥位置等因素，對尿素分解，經氨揮發之影響，選擇臺灣主要農地土壤七種進行試驗。

根據試驗結果，土壤中之尿素分解與土壤反應，水分含量，溫度，施肥量等，均有密切之關係。尤其土壤反應爲酸性之土壤中，尿素分解較慢，氨之硝化率，隨土壤反應之高低而增減，亞硝酸之聚集，凡在酸性土壤中，均無聚積之現象。土壤性質對尿素經氨揮發之影響除土壤反應趨向鹼性，質地粗之土壤外，一般而言影響尚微，經氨揮發量正比例土壤中產生之氨濃度而增減，溫度土壤水分含量，施肥量等因素，對經氨揮發甚有明顯之影響，即溫度高，土壤水分含量少，施肥量多時均增加氨之揮發量。

尿素施用比較硫酸銨施用，氨之揮發損失量，及濾失量較多，但此尿素之缺點，可在人爲的施肥方法改進中，可獲得改善，而且尿素比較硫酸氨低價，無硫酸根，經分解後，容易被土粒吸附，如施用得法，其效能不亞於硫酸銨。

参 考 文 獻

1. 張守敬等：硫酸錏，氯化銨，硝酸銨，尿素對於水稻之肥效。農業研究第二卷(1953)
2. 林國謙等：硫銨，氯化銨，硝銨與尿素對水稻之肥效比較地方試驗。農業研究第六卷第一、二期 (1963, 1954)
3. 李蘭帝等：尿素肥料施肥方法試驗成績第一報、第二報。農業研究第六卷第四期(1957)第九卷第二期(1960)
4. 鹽谷正邦：尿素肥料24卷6號(1949)
5. 京都大學農學部編：新版農藝化學實驗書第一卷(1957)
6. David F. Boltz:Colorimetric Determination of Nonmetals (1958)
7. 三井進午等：尿素(1956)
8. Black C.A Soil-Plant Relationship (1957)
9. 奥田泉等：田畑に施用した尿素のアンモニア化揮散について。日本土壤肥料學雜誌第31卷6號(1960)
10. 三井進午等：尿素のアンモニア化揮散に就いて。日本土壤肥料學雜誌第25卷1號(1954)
11. Harding, R. B.等：Leaching and goseous Loss of Nitrogen from Some nontilled California Soils (1960)
12. Brvadent, F. E.等：Nitrification of Ammoniacal Fertilizers in Some California Soils, Hilardia Vol. 27 No. 9 (1957)
13. Tyler, K. B.等：Nitrite Transformation in California Soils, Soil science Society of America Proceedings, Vol. 24, No. 4 (1960)
14. Martin, J. P.等：Soil Sci 71: 25-34 (1951)
15. Jackson, M. L.等：J. Am. Soc. Agvo. 39: 623-633 (1947).

STUDY ON THE BEHAVIOR OF UREA IN SOILS

By

Y. I. Tseng and C. H. Wang

SUMMARY

Laboratory studies on hydrolysis, volatilization and nitrification of urea were carried out under various conditions of seven soils from major croplands in Taiwan.

The results were found that both rates of hydrolysis and volatilization of urea were affected by the pH value, Moisture content of soils as well as application rate of urea.

Highest hydrolysis rate was found in weak acid, coarse textured soils and lower in more acid or alkaline soils.

The volatilization of Ammonia was little affected by properties of soils although higher pH values and coarser texture of soils tend to increase the rate. The loss of Ammonia from urea-applied soils was incseased with increase of temperature, application rate of urea and decrease of moisture content of soils.

Nitrification rate of Ammonia was increased with increase of pH value and nitrite was alway found in neutral and alkaline soils but not in acid soils.

From the results found, it is conclued that although urea fertilizer has disadvantage of nitrogen loss through volatilization and leaching which can be eliminated by improving application technique, yet it has advantage of lower price and non residual sulphate, urea fertilizer is regarded as effective fertilizer as Ammonium sulphate.